

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ Н.М. Кижнера

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Синтез анортита из природного минерального сырья

УДК 666.32/.36:549.651.26

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Плотников Иван Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Погребенков Валерий Матвеевич	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницына Зоя Васильевна	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Скачкова Лариса Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва Инна Борисовна	К.Т.Н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии
P4	Разрабатывать новые технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, выводить на рынок новые материалы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) НОЦ Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4Г51	Плотникову Ивану Александровичу

Тема работы:

Синтез анортита из природного минерального сырья	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	18.02.2019 №1238/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования: анортитовая керамика. Задачи исследования: 1. Анализ литературных данных по анортитовой керамике; 2. Проведение экспериментов по синтезу анортита из Просьяновского каолина и мела в диапазоне температур 900 – 1200 °С и времени реакции от 5 до 120 минут; 3. Проведение качественного и количественного анализа полученных продуктов реакции;
--	---

	4. Обработка полученных данных с помощью существующих кинетических моделей; 5. Определение константы скорости реакции и энергии активации.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Литературный обзор; 2. Материалы и методы исследования; 3. Экспериментальная часть; Заключение по работе.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент, к.т.н. Криницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Старший преподаватель ООД ШБИП Скачкова Лариса Александровна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	22.04.2019
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Погребенков Валерий Матвеевич	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Плотников Иван Александрович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Уровень образования бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) НОЦ Н.М. Кижнера

Период выполнения весенний семестр 2019 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.06.2019	Основная часть	70
24.05.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
24.05.2019	Социальная ответственность	15

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Погребенков Валерий Матвеевич	Д.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ревва Инна Борисовна	К.Т.Н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 89 страниц., 15 рис., 21 табл., 40 источников литературы.

Целью выпускной работы является определение кинетических параметров реакции синтеза анортита из природного сырья.

Ключевые слова: анортитовая керамика, каолин, карбонат кальция, синтез, минеральное сырье.

В процессе исследования проводились: расчет компонентов смеси, подготовка образцов к обжигу, спекание при различных температурных режимах, рентгенофазовый анализ полученных образцов, кинетические расчеты с подбором кинетической модели и термодинамические расчеты.

В результате исследования было установлено, что в интервале температур от 950 °С до 1050 °С при выдержке в течение 15 минут выход продукта достигает своего максимального (для данных условий) значения, а также, исходя из термодинамических расчетов, вполне вероятно, что происходят две конкурирующие реакции с образованием сначала фазы геленита, но, как показали результаты РФА, при большем времени выдержки – фазы анортита. Данное явление можно объяснить тем, что у геленита более простая структура кристаллической решетки, чем нежели у анортита, вследствие чего она не способна в течение долгого времени существовать при данных условиях, в результате чего образуется фаза анортита с более устойчивой, в силу своей сложности, структуры. В то же время установлено, что при 1100 – 1200 °С с увеличением времени выдержки, выход продукта продолжает увеличиваться.

Степень внедрения: НИОКР.

Область применения: техническая керамика.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВ- НЫЕ ССЫЛКИ

НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы

ТКЛР – температурный коэффициент линейного расширения

ДСК – дифференциально-сканирующая калориметрия

ДТА – дифференциально-термический анализ

РФА – рентгенофазовый анализ

SWOT – strengths (сильные стороны), weaknesses (слабые стороны), opportunities (возможности), threats (угрозы).

ЧС – чрезвычайная ситуация

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	12
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
1.1 Комплексное использование природных ресурсов	13
1.2 Свойства анортита.....	15
1.3 Способы получения анортита и керамики на его основе	22
2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И СВОЙСТВА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ	30
2.1 Методы исследования.....	30
2.1.1 Рентгенофазовый анализ	30
2.2 Характеристики сырьевых материалов.....	32
2.2.1 Каолинит	32
2.2.2 Карбонат кальция (мел).....	35
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.....	42
3.1 Расчет компонентного состава шихты.....	42
3.2 Спекание образцов	43
3.3 Рентгенофазовый анализ	44
3.4 Кинетические расчеты	46
3.5 Термодинамические расчеты	48
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	52
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	52

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
4.1.2 SWOT-анализ.....	53
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	54
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	54
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	55
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	55
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования	57
4.2.4.1 Расчет материальных затрат исследования.....	57
4.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование	58
4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	59
4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	60
4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды	61
4.2.4.6 Накладные расходы	61
4.2.4.7 Формирование бюджета исследования.....	61
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	62
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	67
Введение.....	67
5.1 Правовые как и доход организационные или вопросы доход обеспечения за безопасности	67
5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства	67
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	69

5.2 Профессиональная социальная безопасность	70
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	70
5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	71
5.2.2.1 Повышенная запыленность воздуха рабочей зоны	71
5.2.2.2 Повышенная температура воздуха рабочей зоны.....	72
5.2.2.3 Повышенный уровень вибрации	73
5.2.2.4 Электрический ток	73
5.2.2.5 Движущиеся машины и механизмы	74
5.2.2.6 Повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов	75
5.2.3 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	75
5.3 Экологическая безопасность.....	76
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	76
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	77
5.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	78
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	79
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследования	79
5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	79

5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	86

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к анортитовой керамике обусловлен доступностью сырьевых материалов, а также широкой их распространенностью на территории РФ.

Кроме того, анортитовая керамика способна проявлять себя в электротехнической области, однако, на текущий момент, данный вид керамики очень мало изучен, вследствие чего не является широко используемым в разных отраслях.

В настоящее время проводятся исследования анортитовой керамики с целью повышения физико-химических и электрических свойств, износостойкости, а также повышения интервала спекания.

Целью работы является определение кинетических параметров реакции синтеза анортита из природного сырья.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ литературных данных по анортитовой керамике;
2. Проведение экспериментов по синтезу анортита из Просяновского каолина и мела в диапазоне температур 900 – 1200 °С и времени реакции от 5 до 120 минут;
3. Проведение качественного и количественного анализа полученных продуктов реакции;
4. Обработка полученных данных с помощью существующих кинетических моделей;
5. Определение константы скорости реакции и энергии активации

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Комплексное использование природных ресурсов

Основные тенденции современного развития науки и техники предполагают использование керамических материалов с высоким уровнем функциональных свойств. Силикатная и алюмосиликатная керамика уже на протяжении долгого времени имеет весьма широкое распространение. Перспективность алюмосиликатной керамики с муллитовой кристаллической фазой определяется ее повышенными механическими свойствами, огнеупорностью, термостойкостью, химической устойчивостью и др., что позволяет использовать ее в качестве высокотемпературного и химически стойкого материала [1].

В связи с определенными экономическими обстоятельствами, такими как распад СССР и неравномерность распределения разработанных месторождений по территории СНГ, за пределами РФ оказались все высококачественные пластичные материалы (каолины и беложгущиеся глины) [2], в следствие чего возникает потребность в использовании сырья, находящегося на территории Российской Федерации. Соответственно, интерес представляет керамика с кристаллическими фазами отличными от наиболее распространенных в технологии керамики муллита, стеотита, и др.

Уровень использования природных ресурсов и степень деградации окружающей среды являются главной проблемой современного общества в XXI столетии. В настоящее время как в нашей стране, так и в большинстве стран мира считается общепризнанным, что проблема комплексного использования природных ресурсов и предотвращения загрязнения окружающей среды, а следовательно и проблема устойчивого развития современной цивилизации, обеспечивающей удовлетворение потребностей общества, но не ставящей под угрозу будущие поколения, может быть решена путем нового подхода к организации и функционированию промышленных производств и экономической системы в целом [3].

Комплексное использование сырья подразумевает под собой наиболее полное, экономически оправданное использование всех полезных компонентов, содержащихся в сырье, а также в отходах производства. Почти все виды сырья минерального и органического происхождения содержат ряд ценных компонентов. Полнота их извлечения и использования зависит от потребности в них и уровня развития техники. Комплексное использование сырья повышает эффективность производства, обеспечивает увеличение объема и ассортимента продукции, снижение её себестоимости и сокращение затрат на создание сырьевых баз, предупреждает загрязнение окружающей среды производственными отходами.

Отходы производства – это неиспользованная или недоиспользованная по тем или иным причинам часть сырья [2]. Поэтому проблема комплексного использования сырья имеет большое значение как с точки зрения экологии, так и с точки зрения экономики.

Необходимость комплексного использования природных ресурсов диктуется, с одной стороны, все увеличивающимися темпами роста объемов промышленных производств, загрязняющих окружающую среду, а с другой – необходимостью экономного их расходования, поскольку запасы основного минерального сырья ограничены, а цены на него непрерывно возрастают. С 1992 по 1996 гг. цены почти на все сырьевые материалы выросли более чем в 2 раза [3]. В свою очередь рост цен ускоряет внедрение и разработку малоотходных и безотходных производств, поскольку расширяются пределы их экономической рентабельности.

Источниками отходов являются:

- примеси в сырье, т. е. компоненты, которые не используются в данном процессе для получения готового продукта;
- неполнота протекания процесса, остаток полезного продукта в сырье;
- побочные химические реакции, приводящие к образованию неиспользуемых веществ.

Рациональное комплексное использование сырья позволяет уменьшить количество недоиспользованных веществ, увеличить ассортимент готовых продуктов, выпускать новые продукты из той части сырья, которая раньше уходила в отходы.

Соответственно, интерес представляют виды керамики, изготавливаемые либо из природного сырья, распространенного на территории Российской Федерации, либо из вторичного сырья. В то же время важно, чтобы свойства получаемой керамики удовлетворяли требованиям государственных стандартов на различные виды керамики, в том числе износостойкую керамику для электротехнической области.

Интерес к анортитовой керамике обусловлен тем, что в исследуемом в данной работе методе получения анортита используются сырьевые материалы, которые в настоящее время являются широко доступными на территории РФ.

Для развития технологий анортитовой керамики особо значимым сырьевым компонентом является каолин, что приводит к поиску путей и возможностей рационального использования его в керамических технологиях. Следующим компонентом, необходимым для осуществления синтеза анортита является карбонат кальция (мел).

1.2 Свойства анортита

Химическая формула анортита: $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. Данное соединение имеет температуру плавления 1533 °С, а также может существовать в гексагональной, ромбической и триклинной модификациях.

Гексагональная модификация образуется при кристаллизации стекла состава анортита (анортитового стекла) при 1350 °С, в то время, как ромбическая – при 950 °С [4].

Исходя из диаграммы состояния анортита, автором которой является Б.Ио-
 шики (рисунок 1) гексагональная модификация анортита устойчива до 300 °С.
 Выше этой температуры гексагональная и ромбическая формы нестабильны. Три-
 клинный-же анортит находится в устойчивом состоянии в интервале температур от
 300 до 1550 °С. Гексагональная и ромбическая форма при высоких температурах
 переходят в триклинную [4].

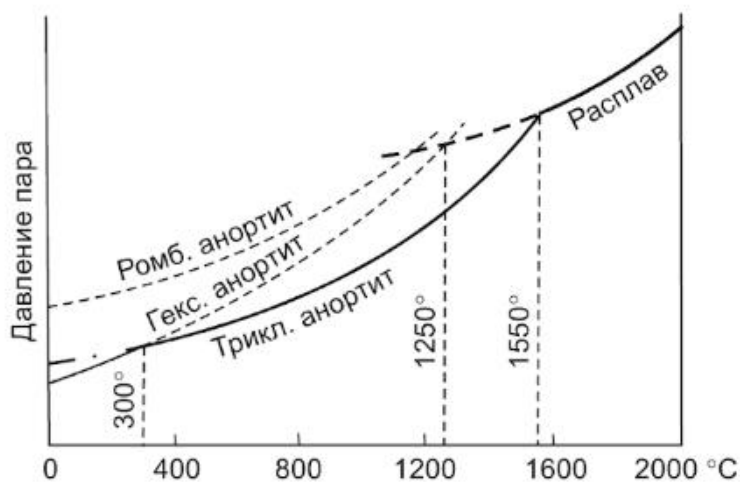


Рисунок 1.1 – Диаграмма состояния анортита $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ [4]

Для анортита характерна триклинная сингония. В природе является самым
 распространенным породообразующим минералом (известковый полевой шпат).
 Значение плотности составляет $(2,74\text{--}2,76) \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ [4]. Сравнительно легко анор-
 тит получают синтетически кристаллизацией из расплава или в твердофазных реак-
 циях.

[5] > Кристаллическая решетка анортита представляет собой сложный кар-
 кас, образованный из тетраэдров $[\text{SiO}_4]$ и $[\text{AlO}_4]$ с промежутками, между которыми
 располагаются катионы кальция с $\text{КЧ} = 6$ или 7. Образует непрерывный ряд твердых
 растворов с альбитом $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$

Анортит является химически малостойким, подвергается разрушению в кис-
 лой среде.

Анортит входит в группу полевых шпатов, в подгруппу плагиоклазов.

По химическому составу полевые шпаты представляют собой алюмосиликаты Na, K и Ca — $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$, $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, гораздо реже Ba — $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$. Иногда в ничтожных количествах присутствуют Sr, заменяющий Ca, а также Rb, Li и Cs в виде изоморфной примеси к щелочам.

Еще одной значительной особенностью минералов данной группы является их способность образовывать изоморфные бинарные ряды, такие как: $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ — $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$, $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ — $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ и $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ — $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$.

Для пары $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ — $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$ (Альбит – Анортит) характерны большие сходства кристаллической структуры, как показывают рентгенометрические исследования, а также физических свойств. Они имеют светлую окраску, большую твердость, равную 6 – 6,5 баллов по шкале Мооса, низкие показатели преломления, совершенную спайность по двум направлениям, угол пересечения между которыми близок к 90° ($86^\circ 24'$ – $86^\circ 50'$) и одинаково небольшой удельный вес, равный 2,5 – 2,7. Данный бинарный ряд называют плагиоклазами.

В переводе с греческого, плагиоклаз – «косораскалывающийся». Название Альбит происходит от латинского «альбус», что означает «белый». Анортит – от латинского «анортос», что означает «косой» (имеется ввиду кристаллизации в триклинной сингонии).

Ввиду исключительного значения состава плагиоклазов для систематики изверженных пород, Е. С. Федоров предложил очень удобную и наиболее рациональную классификацию с обозначением каждого плагиоклаза определенным номером соответственно процентному содержанию в нем анортитовой молекулы. Так, например, плагиоклаз № 72 представляет изоморфную смесь, содержащую 72% анортита и 28% альбита. При этом пренебрегают обычно незначительной изоморфной примесью $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$.

Иногда для общих соображений при систематике изверженных пород удобно придерживаться грубого деления плагиоклазов по их составу, а именно:

	кислые	№ 0-30
Плагииоклазы	средние	№ 30-60
	основные	№ 60-100

Рисунок 1.2 – Разделение плагииоклазов по составу [5]

Здесь названия «кислый», «средний», «основной» применены не в обычном смысле; они обусловлены тем, что содержание кремнекислоты от альбита к анортиту постепенно падает; это можно видеть из сопоставления химических формул конечных членов данного изоморфного ряда.

Химический состав (теоретический) приведен в таблице 1.1, где показаны содержания Na_2O , CaO , Al_2O_3 и SiO_2 для пяти номеров плагииоклазов.

Таблица 1.1 – Химический состав плагииоклазов

Плагииоклаз	№ 0	№ 25	№ 50	№ 75	№ 100
Na_2O	10,79	8,84	5,89	2,92	–
CaO	–	5,03	10,05	15,08	20,10
Al_2O_3	19,40	23,70	28,01	32,33	36,62
SiO_2	68,81	62,43	56,05	49,67	43,28
Удельный вес	2,624	2,643	2,669	2,705	2,758

Почти всегда имеется примесь K_2O , иногда до нескольких процентов. Часты также ничтожные примеси BaO (до 0,2%), SrO (до 0,2%), FeO , Fe_2O_3 и др.

Что касается облика кристаллов, хорошо образованные простые кристаллы встречаются относительно редко. Они имеют таблитчатый и таблитчато-призматический облик.

Цвет белый, серовато-белый, иногда с зеленоватым, синеватым, реже красноватым оттенком. Блеск стеклянный. Оптические константы. Показатели преломления закономерно возрастают от альбита ($N_g = 1.53G$, $N_m = 1.529$, $N_p = 1.525$) до анортита ($N_g = 1.588$, $N_m = 1.583$, $N_p = 1.575$).

Разновидности, получившие особые названия благодаря некоторым оптическим эффектам: 1) лунный камень — кислый плагиоклаз (но чаще кали-натриевый полевой шпат), обладающий своеобразным нежносиневатым отливом, напоминающим лунный свет; 2) авантюрин или солнечный камень — кислый плагиоклаз, а также кали-натриевый полевой шпат, обладающий красивым искристо-золотистым отливом, обусловленным включениями тончайших чешуек железного блеска; 3) лабрадор — главный минерал так называемого лабрадорского камня, являющийся основным или средним плагиоклазом, часто обнаруживающим на плоскостях спайности красивый переливчатый отсвет в синих и зеленых тонах; причина его точно не установлена; связывают это явление с интерференцией света, обусловленной закономерно расположенными включениями тончайших пластинок ильменита.

Имеют совершенную спайность по $\{001\}$ и $\{010\}$.

Среди диагностических признаков можно отметить, что в случае более или менее крупных кристаллов и зерен плагиоклазы от похожих на них кали-натриевых полевых шпатов можно отличить по косому углу их спайности. Однако внутри ряда плагиоклазов отличить различные минеральные виды друг от друга не представляется возможным. Зато довольно быстро и в то же время точно можно определять любой минеральный вид под микроскопом в тонких шлифах, особенно с помощью универсального федоровского метода, широко применяемого в петрографии. Он основан на том, что ориентировка оптической индикатрисы относительно кристаллографических элементов непрерывно меняется в зависимости от состава плагиоклазов. Определив под микроскопом с помощью универсального столика наблюдаемые угловые соотношения, по соответствующим диаграммам легко найти номер данного плагиоклаза.

Следует добавить, что плагиоклазы, являющиеся наиболее распространенными из группы полевых шпатов, присутствуют в подавляющем большинстве изверженных пород. Характерно, что в соответствии со степенью основности породы

находится и состав плагиоклазов: в основных породах, т. е. сравнительно бедных кремнеземом (габбро, базальты и др.), распространены богатые кальцием основные плагиоклазы, обычно в ассоциации с магнезиально-железистыми силикатами; в более кислых изверженных породах (диоритах, гранитах, кварцевых порфирах и др.) как породообразующие минералы распространены средние и кислые плагиоклазы нередко совместно с калинатриевыми полевыми шпатами, кварцем и другими породообразующими силикатами.

В пегматитах, генетически связанных с гранитами и вообще с щелочными интрузивными породами, из плагиоклазов встречается главным образом альбит, развивающийся большей частью позднее метасоматическим путем в виде мелкозернистых масс преимущественно за счет кали-натриевых полевых шпатов. Основные плагиоклазы известны лишь в редко встречающихся пегматитах основных интрузивных пород (габбро).

При процессах контактового метаморфизма за счет известняковых боковых пород как в самих гранитах по соседству с ними, так и во вмещающих породах в небольших массах возникают плагиоклазы самого различного состава. В процессе регионального метаморфизма при образовании кристаллических сланцев и жил так называемого альпийского типа развивается преимущественно альбит (богатые кальцием плагиоклазы менее устойчивы), причем характерно, что часто наблюдаемые двойники этого минерала образованы по периклиновому закону. В жилах альпийского типа встречаются прекрасно образованные кристаллы альбита, выросшие на стенках трещин вместе с кристаллами кварца, хлорита и других минералов. Таковы, например, многочисленные жилы Швейцарских и Австрийских Альп.

Если изверженные горные породы после своего образования в более поздние моменты подвергаются каким-либо изменениям, особенно под воздействием гидротермальных растворов, нередко пропитывающих в виде «горной влаги» огромные массивы, то первоначально образовавшиеся плагиоклазы часто претерпевают

разложение с образованием на месте их скрыто- или тонкокристаллических каких-либо новых минералов. Так, под действием щелочных растворов чрезвычайно широко бывает распространена серицитизация плагиоклазов, т. е. образование скрыточешуйчатого слюдистого минерала, содержащего калий. В ряде случаев наблюдаются процессы скаполитизации, соссюритизации, цеолитизации, каолинизации и т. п. (названия этим процессам даны по тому минералу, который возникает в виде новообразования). Характерно, что при этих процессах очень часто образуется вторичный альбит. Отсюда можно прийти к заключению, что в химических реакциях принимает участие главным образом анортитовая часть разлагающихся плагиоклазов. При выветривании горных пород плагиоклазы с течением времени подвергаются полному разложению под действием почвенных вод, содержащих CO_2 , O_2 , гуминовые кислоты и т. д. Щелочи и щелочные земли при этом выносятся.

В коре выветривания в условиях умеренного климата за счет плагиоклазов, как и кали-натриевых полевых шпатов, образуются скопления каолинита и других ему подобных образований. В тропических и субтропических условиях происходят более глубокие изменения: образуются бокситы, состоящие из гидратов уже свободного глинозема, опала и гидроокислов железа (за счет других минералов).

Сплошные скопления плагиоклазов вследствие пониженного содержания в них щелочей редко могут представлять промышленный интерес.

Красиво отливающие синим цветом темносерые или почти черные лабрадориты используются в качестве облицовочного полированного камня. Они добываются в Житомирской области на Украине. Эти месторождения были случайно открыты при прокладке дороги в 1835 г. В те времена лабрадоровые камни ценились очень высоко.

Плагиоклазы с лунным отливом известны в некоторых пегматитовых жилах Шайтанки и Липовкина Среднем Урале.

Солнечный камень употребляется обычно для дешевых поделок. Он встречается также в пегматитовых жилах. < [5]

1.3 Способы получения анортита и керамики на его основе

Авторами работы [6] был предложен метод получения анортита обжигом смеси таких сырьевых компонентов, как огнеупорная глина, кварцевый песок, технический глинозем и мел, а также модифицирующих оксидов BaO, SrO и MgO, взятых в количестве 7,5; 5 и 2,5% вместо CaO в виде карбонатных солей. Формовочные смеси подготовили совместным помолом компонентов до остатка не больше 2-3; на сите 0063. Образцы обжигали при температуре 1110-1250 °С.

В результате были изучены такие физико-химические свойства полученных образцов, как ТКЛР, водопоглощение, электрическое сопротивление, плотность, твердость, пористость, а также была установлена взаимосвязь изменения свойств от температуры обжига и количества добавленных модификаторов. Основной полученной фазой выявили анортит, с присутствием небольшого количества волластонита. С добавлением модификаторов SrO, BaO, MgO получали новые примесные фазы: стронцийсодержащий фельдшпатоидный твердый раствор, цельзиан $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ и кордиерит $\text{BaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$.

Полученные керамические образцы были признаны износостойкими и рекомендованы для изготовления нитеводителей в текстильной промышленности.

В другой работе [7] автор поставили задачу получить анортитовую керамику с повышенными электрическими и физико-химическими свойствами без использования щелочных оксидов. В качестве основного сырьевого компонента использовалась также огнеупорная глина, а также были задействованы добавки PbO и ZnO с целью повышения интервала спекания. Материал синтезировали двухстадийным спеканием в силитовой электропечи при температуре до 1400 °С.

Полученные образцы по составу удовлетворяли формуле: $0,5\{Ca_{1-x}R_x\}Al_2Si_2O_8$, здесь x – это количество CaO (моль), замещенное на PbO или ZnO . Автор отметил снижение температуры обжига при введении модифицирующих добавок на 35-95% в зависимости от вида и количества введенного оксида. Установлено, что добавление PbO оптимально в количестве 0,15 – 0,3 моль, так как при таком количестве были увеличены механическая прочность образцов до 110 Мпа, а также интервал спекания до 50 °С. Добавление ZnO не внесло ощутимых изменений на интервал спекания и прочностные характеристики.

В следующей работе [8] авторы ставили задачу получить износостойкую анортитовую керамику для образования стекловидного поверхностного слоя эффектом самоглазурования. Для получения такого эффекта необходимо введение специальных легких водорастворимых добавок., способных при сушке смещаться на поверхность и при дальнейшем обжиге образовывать на ней стекловидное покрытие. Вводятся такие добавки на стадии подготовки смесей, что упрощает технологический процесс.

В качестве сырьевых компонентов были взяты огнеупорная глина, технический глинозем, кварцевый песок и карбонат кальция. Смесь подготавливали совместным помолом сырьевых компонентов с добавлением 20 %-го раствора $NaOH$ для обеспечения эффекта самоглазурования. Образцы получали методом полусухого прессования с последующей сушкой с подбором оптимального режима, обеспечивающего максимальную делокализацию Na^+ ионов на поверхность образцов. Высушенные образцы обжигали в интервале температур 1100 – 1200 °С. Окончанием работы было установление зависимости качества покрытия и физико-химических свойств спеченных образцов от состава исходной смеси, а также режима сушки и обжига.

Полученная анортитовая керамика обладала водопоглощением 0,2 %; микротвердостью 10000 МПа и механической прочностью при сжатии 140 МПа. Авторы порекомендовали полученную анортитовую керамику для изготовления изделий, износостойких к длительному действию истирающих нагрузок.

Еще одну статью [9] авторы посвятили изучению и синтезу самоглазурующей керамики. В данной работе целью является установление особенностей структуро- и фазообразования, а также изучение поведения исходных сырьевых смесей при термической обработке при получении керамических износостойких самоглазурующихся материалов на основе системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. С помощью ДСК выяснилось, что при 780-850 °С происходит разложение карбонатов, а при 871 °С и 932 °С начинают формироваться кристаллы анортита (рисунок 1.3). Начиная с 1100 °С и выше происходит образование расплава и развиваются процессы жидкофазного спекания.

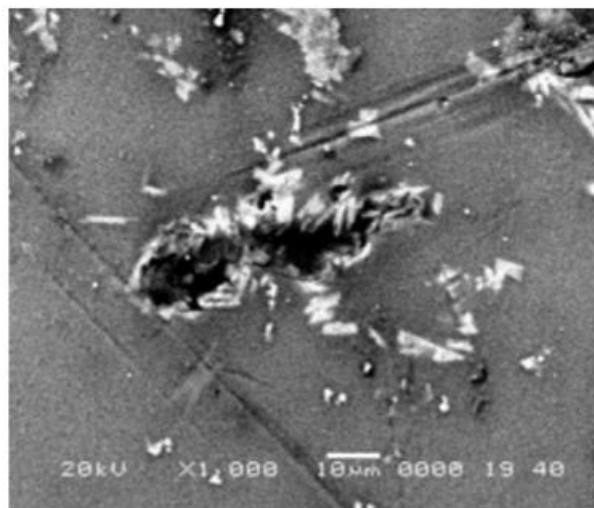


Рисунок 1.3 – Электронно-микроскопическое изображение поверхности образца, обожженного при температуре 1170 °С [9]

Было установлено, что модификатор в виде щелочной добавки снижает температуру спекания образца, запускает процесс самоглазурования, перекрывая поры на поверхности и, предположительно, образуя в порах кристаллы анортита. Полу-

чены образцы с коэффициентом трения 0,24, шероховатостью поверхности (среднее отклонение профиля R_a) 3,2 нм, а также микротвердостью 10800 Мпа. Полученный керамический материал был рекомендован для эксплуатации в условиях истирающих нагрузок.

Авторы следующей статьи [10] получали анортит золь-гель методом. Источником кремнезема был дистиллированный непосредственно перед использованием тетраэтилортосиликат. Раньше ионы щелочноземельных металлов обычно добавляли в растворы для синтеза геля в форме растворимых в воде или спирте солей (например, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, ацетат Mg). Это связано с тем, что растворимость алкоксидов щелочноземельных металлов в типичных органических растворителях очень низкая. Добавки соли в раствор вводят анионные частицы, которые усложняют протекание реакций и которые необходимо удалить в процессе обжига.

К счастью, в составах анортита и кордиерита можно использовать двойные алкоксиды $\text{Mg}(\text{Al}(\text{OEt})_4)_2$ и $\text{Ca}(\text{Al}(\text{OEt})_4)_2$, [11] которые очень хорошо растворяются в этаноле (в обоих случаях концентрации, превышающие 0,5 М, могут быть получены при комнатной температуре). Это связано с тем, что молярное отношение ионов щелочноземельных металлов к алюминию в двойных алкоксидных комплексах идентично соотношению как в анортите, так и в кордиерите.

Растворы двойного алкоксидного спирта синтезировали путем кипячения с обратным холодильником в атмосфере сухого азота с молярным соотношением 2:1 Al с Mg или Ca в сухом этаноле в течение 48 ч. Небольшое количество HgCl использовали в качестве катализатора реакции. Затем полученный раствор фильтровали и калибровали путем гидролиза, обжига и взвешивания нескольких аликвот. Затем концентрацию доводили до 0,5 М. Аморфные порошки получали путем регулирования гидролиза и конденсации алкоголятов. Тетраэтилортосиликат частично гидролизировали, охлаждали и затем добавляли к холодным этанольным растворам двойных алкоголятов. Затем аммонизированную воду использовали для полного

гидролиза алкоголятов и воздействия на осадок. После того как полученный порошок был высушен и прокален, кристаллизация и последующее развитие фазы контролировались с помощью дифференциального термического анализа, дифракции рентгеновских лучей и, где необходимо, высокотемпературной дифракции рентгеновских лучей.

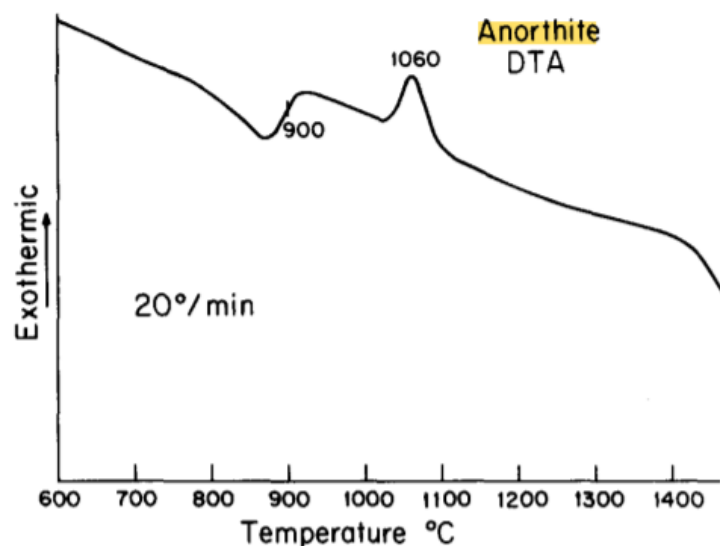


Рисунок 1.4 – Кривая ДТА, при 20 ° С / мин, для порошка анортитового стекла, полученного из геля.

На рисунке 1.4 показана кривая ДТА, полученная при нагревании прокаленного порошка анортита со скоростью 20 °С/мин. Характерной особенностью является сдвиг в базовой линии с центром около 900 °С, который связан со стеклованием, и единственный экзотермический пик кристаллизации при 1060 °С. Смещение базовой линии при 900 °С необычно велико по сравнению с пиком кристаллизации, что может свидетельствовать о высоком фиктивном состоянии в материалах, полученных из геля. Следует отметить, однако, что значительное уплотнение происходит при или около температуры 900 °С. Следовательно, часть сдвига базовой линии может быть вызвана изменениями тепловых свойств образца. Представляется более уместным связать низкотемпературную сторону сдвига базовой линии со стеклованием, что указывает на значение T_g , равное 875 °С для гелеобразного

материала. Эта величина хорошо согласуется с полученной из расплава величиной около 840 °С, учитывая чувствительность к скорости нагрева, показанную на рисунке 1.5, показывает аморфную рентгенограмму геля, прокаленного при 700 °С, и хорошую рентгенограмму, полученную из образцов ДТА, нагретых до 1450 °С.

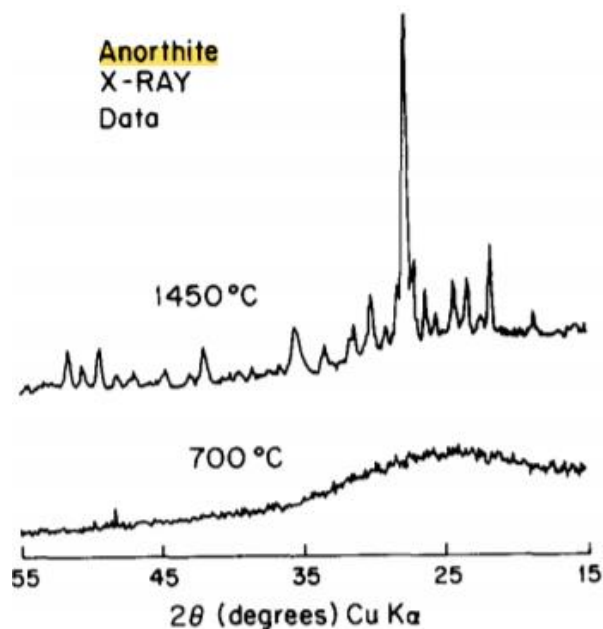


Рисунок 1.5 – Рентгенограмма порошка гелевого анортита

Расположение и интенсивность пиков согласуются с таковыми для триклинной формы анортита, обнаруженной как в природных, так и в синтетических образцах, кристаллизованных из расплава [12]. Никаких доказательств для какой-либо другой фазы найдено не было. Зависимость максимума от скорости нагрева в экзотерме кристаллизации, T_{cg} , показана на рисунке 1.6. T_{cg} увеличивается с увеличением скорости нагрева. Высота пика также увеличивается со скоростью нагрева, потому что при более высоких скоростях меньше времени доступно для рассеивания тепла кристаллизации.

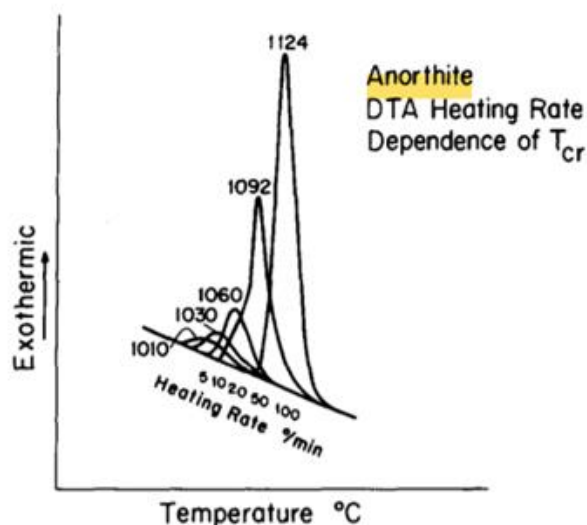


Рисунок 1.6 – Зависимость скорости нагрева ДТА от экзотермы кристаллизации для порошка анортитового стекла гелевого происхождения

Используя компьютерную модель, которая имитирует кристаллизацию при постоянной скорости нагрева, значение барьера нуклеации для данного материала можно оценить по зависимости T_{cr} от скорости нагрева. Результаты зависимости от скорости нагрева как для анортитового стекла, полученного из расплава [13], так и для стекла, полученного методом получения, представленного на рисунке 1.6 показаны на рисунке 1.7. Пунктирные и сплошные линии на рисунке представляют изменение T_{cr} в зависимости от скорости нагрева, предсказанной компьютерной моделью для указанных значений барьера нуклеации. Зависимость T_{cr} от скорости нагрева для гелеобразного стекла по форме аналогична зависимости для стекла, полученного из расплава; но кристаллизация в гелеобразном стекле происходит при более низкой температуре для данной скорости нагрева.

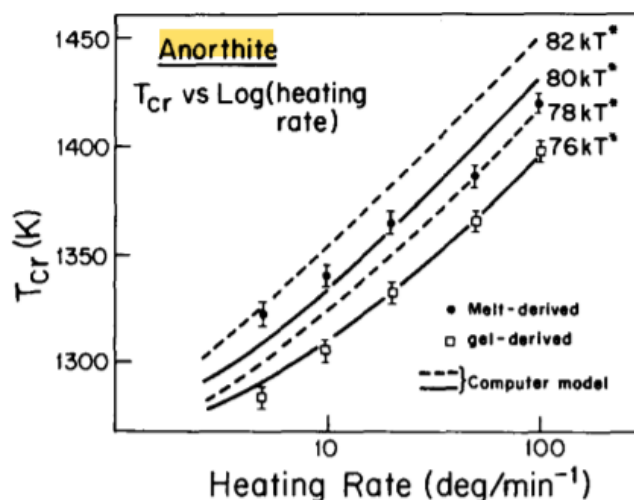


Рисунок 1.7 – T_{Cr} в зависимости от \log (скорость нагрева) для порошков анортитового стекла, полученных из расплава [11], и из геля.

Наблюдаемое изменение T_{Cr} в зависимости от скорости нагрева для гелевого стекла указывает либо на более низкий барьер зародышеобразования, составляющий примерно 76 кТ *, либо (более вероятно) вязкость, которая ниже, чем у расплавленного стекла, примерно в 2 раза.

Данная работа продемонстрировала возможность синтеза двойного алкоголя для получения щелочноземельных алюмосиликатных стекол. Результаты ДТА и дифракции рентгеновских лучей показывают, что порошки анортита, полученные из геля, проявляют свойства кристаллизации, сходные с таковыми для стекол, полученных из расплава. Различия в температуре максимальной скорости кристаллизации скромны и, скорее всего, вызваны более низкой вязкостью гелевого стекла. Полученные данные не дают никаких доказательств заметных различий в поведении кристаллизации между полученными золь-гель методом и полученными из расплава стеклами.

2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И СВОЙСТВА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1 Методы исследования

2.1.1 Рентгенофазовый анализ

Задачей рентгенофазового анализа является количественное и качественное определение различных фаз в их смеси, основанное на анализе полученной дифракционной картины при действии рентгеновских лучей на исследуемый образец.

Метод основан на прохождении рентгеновских лучей через кристаллическую решетку анализируемого вещества и последующем отражении лучей от узлов кристаллической решетки на фотопленку (рисунок 2.1).

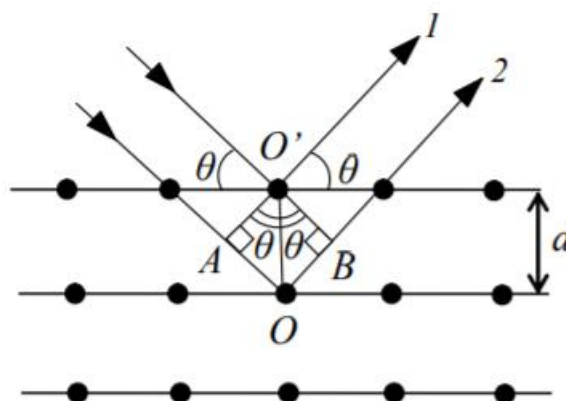


Рисунок 2.1 – Отражение рентгеновских лучей внутри кристалла по Брэггу [14]

Рентгеновские лучи, падающие на каждую плоскость, отражаются под одним и тем же углом θ , потому как падающие лучи распространяются в кристалле практически без преломления. При отражении лучи интерферируют в том случае, если их разность хода будет равна целому числу волн $n\lambda$.

Уравнением, описывающим условие дифракции рентгеновских лучей, является уравнение Вульфа-Брэггов [14]:

$$2d \cdot \sin\theta = n\lambda, \quad (2.1)$$

где d – межплоскостное расстояние;

n – порядок отражения ($n = 1, 2, 3$);

θ – угол отражения луча;

λ – длина волны рентгеновского излучения.

Выполнение условия Вульфа-Брэггов в результате изменения угла падения рентгеновского луча регистрируется в виде максимума интенсивности на рентгенограмме. Рассчитав полученную рентгенограмму, получают значения межплоскостных расстояний в кристалле. Данные значения являются строго индивидуальными для каждого вещества, что говорит о безоговорочной достоверности метода.

Помимо высокой достоверности метода, среди достоинств можно отметить возможность исследования структуры без механического взаимодействия с образцом, а, следовательно, без его разрушения [14].

В исследовании был использован как количественный, так и качественный рентгенофазовый анализ методом внутреннего стандарта.

Количественное содержание отдельных фаз в мультифазных кристаллических материалах определяется, в основном, интенсивностью их рефлексов. Содержание определенной фазы зависит прямо пропорционально от интенсивности ее отражений. Кроме интенсивности, значимым показателем является коэффициент поглощения.

Метод внутреннего стандарта основан на добавлении определенного количества стандартного вещества к исследуемому веществу. После подготовки эталонных смесей и добавления к ним стандарта снимают рентгенограммы и определяют содержание анализируемого компонента A отношением интенсивности его рефлекса к интенсивности рефлекса эталонного вещества S : $\frac{I_A}{I_S}$. Объемные доли веществ можно найти, как [14]:

$$V_A = K \cdot \frac{I_A}{I_S} \quad (2.2)$$

Важными условиями являются [14]:

1. Количество анализируемой фазы ведется по интенсивности какой-либо одной характерной линии с известным значением межплоскостного расстояния. При том, желательно, чтобы аналитические рефлексy определяемых фаз располагались в узком интервале углов 2θ .

2. Аналитические рефлексy анализируемого вещества и эталона не должны перекрывать друг друга. Кроме того, количество добавки эталона обычно находится в количестве 10-20%.

3. Средние размеры кристаллов должны быть в пределах 5-40 мкм. Смешивание должно обеспечить высокую гомогенность смеси.

4. Съёмку рентгенограмм рекомендуется проводить 3-4 раза с перенабивкой препаратов.

Недостаток метода внутреннего стандарта заключается в том, что добавление эталонного вещества приводит к разбавлению определяемых фаз, что приводит к уменьшению точности анализа фазы при ее малом содержании [15].

Анализ сырьевых материалов и полученных спеченных образцов был осуществлен с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-3М, оснащенного рентгеновскими трубками типа БСВ-24 с K_{α} -излучением (длина волны $\lambda = 0,154056$ нм). Съёмка проводилась при напряжении на паре анод-катод 35 кВ при значении анодного тока 25 мА. Скорость съёмки составляла 4 град/мин.

2.2 Характеристики сырьевых материалов

2.2.1 Каолинит

Химическая формула: $Al_4[Si_4O_{10}][OH]_8$ или $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$.

Имеет следующий химический состав: Al_2O_3 39.5%, SiO_2 46.5%, H_2O 14%. Содержания отдельных компонентов несколько колеблются. Сингония моноклинная; моноклинно-доматический вид симметрии. Как и в других слюдообразных минералах, тетраэдрические кремнекислородные группы тремя углами связаны в слой

обычной гексагональной сетки. Каждая четвертая вершинка, занятая кислородом, принимает участие в строении нижнего «гидраргиллигового» слоя.

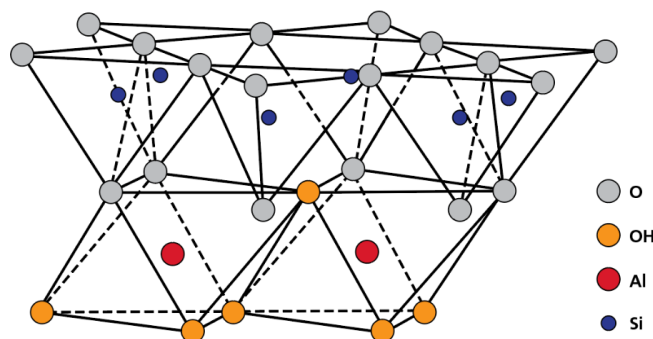


Рисунок 2.2 – Кристаллическая решетка каолинита [4]

Более или менее хорошо образованные пластинчатые кристаллы исключительно редки и малы по размерам (до 1 мм). Они обычно образованы формами $\{001\}$, $\{110\}$ и $\{010\}$, иногда $\{111\}$. Чаше наблюдаются обломки изогнутых столбчатых кристаллических образований, в увеличенном виде напоминающих дождевых червей. Отдельные чешуйки обладают гексагональным, реже ромбическим или тригональным обликом. Агрегаты рыхлые, чешуйчатые или плотные тонкозернистые; иногда встречается в виде натечных форм.

Отдельные чешуйки и пластинки бесцветны. Сплошные массы — белого цвета, нередко с желтым, буроватым, красноватым, иногда зеленоватым или голубоватым оттенком. Блеск отдельных чешуек и пластинок перламутровый, а сплошных масс — матовый. Оптические константы. $N_g = 1.566 - 1.567$, $N_m = 1.56 - 1.565$, $N_p = 1.560 - 1.562$, $N_g - N_p = 0.006 - 0.007$ [4]. Оптически отрицательный. $2V = 60^\circ$.

Твердость около 1. Отдельные чешуйки гибки, но не обладают упругостью в сухом состоянии землистые массы кажутся тощими на ощупь. Спайность весьма совершенная по $\{001\}$. Устанавливаются также направления спайности, параллельные шестилучевым фигурам удара. Удельный вес $2.58 - 2.60$ (теоретически 2.609).

При нагревании гидроксильные ионы теряются в виде воды при температуре 400—450 °С, что соответствует резкому скачку вверх на кривой дегидратации. Соответственно меняются и показатели преломления. На кривых нагревания устанавливаются две остановки: с эндотермическим эффектом в интервале 500 – 550 °С, очевидно отвечающим потере воды (фиксируется с запаздыванием), и с экзотермическим эффектом при 950 – 1000 °С [4]. Причина экзотермического эффекта еще не вполне выяснена. Рентгенометрические исследования и изучение оптических свойств каолинита и аноксита, нагретых до различных температур, показывают, что при температуре около 500 °С вещества становятся оптически изотропными и аморфными (т. е. происходит полный распад кристаллической решетки) [4]. При температуре около 950 °С, имеет место образование нового кристаллического вещества, причем, по ряду соображений, по крайней мере часть ионов Al входит в решетку этого вещества уже не в шестерной, а в четверной координации с образованием групп $[AlO_4]$, аналогичных $[SiO_4]$. Допускают, что образуется силлиманит – Al_2SiO_5 . Кроме того, рядом исследователей установлен еще один, правда незначительный, экзотермический эффект при более высокой температуре 1200 – 1300°, предположительно отвечающий образованию нового соединения, муллита – $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ [4].

Каолинит в сплошных землистых массах легко растирается между пальцами, в сухом виде жадно поглощает воду, в мокром состоянии дает необычайно пластичное тесто. Тонкокристаллические разности в соответствующих препаратах под микроскопом узнаются по форме чешуек и оптическим константам. Скрытокристаллические массы приблизительно могут быть определены по показателям преломления, а более точно – по рентгенометрическим данным, кривым нагревания, кривым обезвоживания и другими методами.

В пламени паяльной трубки не плавится [4]. HCl и HNO₃ почти не действуют. В H₂SO₄, особенно при нагревании, разлагается сравнительно легко. Прокаленный до температуры 500 °С полностью разлагается в HCl. Белые, свободные от гидроокислов железа разности после прокаливания с азотнокислым кобальтом принимают красивый синий цвет (присутствие Al).

2.2.2 Карбонат кальция (мел)

Карбонат кальция (кальцит, известковый шпат) представлен формулой CaCO₃. Разновидности по изоморфным примесям представлены очень широко. Из разновидностей по физическим признакам следует упомянуть об исландском шпате – бесцветной прозрачной разности кальцита.

Химическим состав: CaO 56%, CO₂ 44%. Примесями могут выступать: Mg, Fe, Mn (до 8 %), гораздо реже Zn (до 2%), Sr (стронциокальцит), Pb (плюмбокальцит), Ba (барикальцит), а также Ce и Y (до сотых долей %).

Сингония тригональная; дитригонально-скаленоэдрический вид симметрии L₆³3L²3PC. Кристаллическая структура тригональной модификации CaCO₃ изображена на рисунке 2.3. Элементарная ячейка имеет резко удлиненную форму с ромбоэдрическим углом 46°07', тогда как обломок по спайности в виде тупого ромбоэдра обладает углом между гранями ромбоэдра 101°55' [4]. Ионы кальция лежат в углах и в центре ячейки, а плоские комплексные анионы [CO₃]²⁻ располагаются на центральной тройной оси в обратной ориентировке друг к другу. В целом те и другие образуют ромбоэдрические решетки, как бы вдвинутые одна в другую.

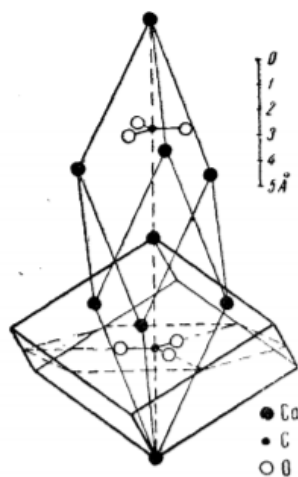


Рисунок 2.3 – Кристаллическая решетка кальцита [4]

Облик кристаллов, встречающихся исключительно в пустотах, может быть самым разнообразным. Наиболее часто встречаются скаленоэдрические кристаллы (рисунок 2.4, а), реже таблитчатые (рисунок 2.4, б) или пластинчатые, призматические или столбчатые, ромбоэдрические — чаще в виде острых, чем тупых ромбоэдров.

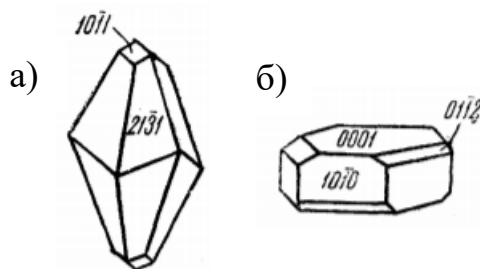


Рисунок 2.4 – Кристаллы кальцита, а) скаленоэдрический; б) таблитчатый [4]

Чаще всего встречаются грани призмы $\{1010\}$, ромбоэдров $\{0112\}$, $\{0221\}$, $\{4041\}$, скаленоэдра $\{2131\}$, пинакоида $\{0001\}$ и другие.

Обычно, в качестве двойниковой плоскости выступает пинакоид $\{0001\}$, грань тупого ромбоэдра (0112) , по которой нередко образуются полисинтетические двойники в мраморах и смятых известняках (такое двойникование может быть получено искусственно при давлении острия ножа на ребро выбитого по спайности

осколка кальцита). Реже такой плоскостью является грань спайного ромбоэдра $\{1011\}$ и др [4].

Агрегаты. Друзы кристаллов кальцита (фиг. 350), вместе с другими минералами, наблюдаются, как уже указано, в пустотах. Довольно часто встречаются крупнозернистые агрегаты прозрачного или полупрозрачного кальцита с совершенной спайностью отдельных зерен, бросающейся в глаза. Редко наблюдается жилковатый с шелковистым блеском асбестовидный кальцит (атласный шпат), волокна которого располагаются перпендикулярно к стенкам трещин в породах. Широко известны натечные образования кальцита в виде сталактитов и сталагмитов в пещерах среди известняков. Зернистые сплошные агрегаты в больших плотных массах называются мраморами. Плотные скрытокристаллические разности кальцитовых горных пород, нередко слоистых и богатых фауной, носят название известняков (фиг. 351). Рыхлые известняки, содержащие мельчайшие раковинки фораминифер, известны под названием мела. Встречаются также оолитовые известняки – «икряной камень» (см. фиг. 73). «Известковым туфом», или травертином, называют ноздреватые образования углекислого кальция, возникающие в местах выхода как холодных, так и горячих насыщенных известью минеральных источников (кальцит в этих случаях образуется при перекристаллизации выпавших коллоидов CaCO_3 или арагонита). Иногда в связи с отложением углекислой извести из горячих источников образуются замечательные по рисунку тонкополосчатые полупрозрачные плотные разности, известные под названием «мраморного оникса».

Цвет. Большею частью бесцветный или молочно-белый, но бывает окрашен примесями в различные (обычно светлые) оттенки серого, желтого, розового, красного, бурого и черного цвета. Блеск стеклянный, а на спайных плоскостях иногда перламутровый. Оптические константы. Оптически отрицательный. $N_m = 1.658$, $N_p = 1.486$; $N_m - N_p = 0.172$ (очень высокое) [4]. Под воздействием катодных лучей кальцит светится в ярких желтых и оранжево-красных тонах.

Твердость 3. Хрупок. Спайность совершенная по {1011}. Уд. Вес 2.6—2.8; для химически чистых кристаллов 2.72 при 23° [4]. Прочие свойства. При сжатии, сопровождающемся двойникованием, электризуется. Образцы некоторых месторождений обнаруживают явления люминесценции, причины которой точно не изучены. Теплота образования: $\text{CaO} + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + 42780$ кал.

При прокаливании диссоциирует: $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$. В атмосфере воздуха, т. е. при низком парциальном давлении углекислоты (P_{CO_2}), диссоциация обнаруживается уже при температуре 800 °С. При P_{CO_2} , равном 1 ат, диссоциация происходит при температуре около 900 °С. При более высоких температурах, как это показано на фиг. 302, кальцит может сохраняться неразложившимся лишь при соответствующих, резко возрастающих значениях парциального давления CO_2 во внешней среде (при 1000 °С $P_{\text{CO}_2} = 4$ ат, при 1100 °С = 12 ат, при 1200 °С = 30 ат и т. д.). Из всех карбонатов кальцит является наиболее устойчивым при высоких температурах и давлениях.

Растворимость CaCO_3 в воде низкая. При обыкновенной температуре и атмосферном давлении в чистой воде (без свободной CO_2) она составляет всего лишь 13 мг/л. Однако в воде, содержащей растворенный углекислый газ, растворимость его сильно увеличивается вследствие образования легко растворимого бикарбоната (кислой соли) кальция $\text{Ca}[\text{HCO}_3]_2$ по реакции: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 = \text{Ca}[\text{HCO}_3]_2$. При ничтожном давлении CO_2 , равном парциальному давлению CO_2 в атмосфере воздуха, насыщение раствора углекислым кальцием при 20 °С выражается уже цифрами 80 – 96 мг/л (при этом щелочность раствора значительно увеличивается: $\text{pH} > 8$). При $P_{\text{CO}_2} = 1$ ат, растворимость бикарбоната в пересчете на растворимость CaCO_3 при той же температуре достигает 1100 мг/л, а при $P_{\text{CO}_2} = 56$ ат, равна 3930 мг/л [4]. Сильное понижение общего внешнего давления приводит к сильному понижению и парциального давления CO_2 , а в связи с этим — к улетучиванию из раствора CO_2

и разрушению ионов $[\text{HCO}_3]^{1-}$. В результате из раствора, насыщенного бикарбонатом кальция при высоких значениях P_{CO_2} , медленно выпадает нормальная соль кальция — CaCO_3 . Выпадение ее в осадок происходит также при увеличении щелочности раствора.

Зависимость растворимости $\text{Ca}[\text{HCO}_3]_2$ от температуры обратная: с повышением температуры, при одном и том же парциальном давлении CO_2 , растворимость падает (соответственно падению растворимости в воде CO_2). К этому следует добавить, что при P_{CO_2} выше 40 ат бикарбонат кальция устойчив не только в растворе, но и в твердой фазе.

Диагностические признаки. В крупнокристаллических разностях легко узнается по ромбоэдру спайности, сравнительно низкой твердости (легко царапается острием ножа или иглы) и бурному выделению CO_2 от капли HCl , положенной на минерал или на порошок из него на предметном стекле.

В пламени паяльной трубки растрескивается с выделением CO_2 , т. е. диссоциирует на CaO и CO_2 . Образующаяся при этом CaO ярко светится и окрашивает пламя в оранжевый цвет. В разбавленной соляной кислоте легко растворяется даже на холоду с шипением (выделение CO_2).

Практическое значение кальцита, особенно в виде горных пород, весьма разнообразно.

1. Исландский шпат благодаря своему высокому двупреломлению употребляется для изготовления различных оптических поляризационных приборов, главным образом николей для микроскопов, поляриметров, колориметров и др.; для этой цели пригодны бесцветные, идеально прозрачные недвойникованные кристаллы или их обломки, лишенные трещин, размерами не меньше 1.5 – 2 см.

2. Асбестовидный атласный шпат и мрамор-оникс используются для ювелирных изделий и предметов искусства.

3. Известняки, в зависимости от их состава или физико-механических свойств, потребляются: а) химической промышленностью (чистые известняки) для получения необходимой в сельском хозяйстве извести, производства сахара, соды, едкого натра, хлорной извести и пр. с одновременным получением при обжиге жидкой или твердой углекислоты; б) металлургической промышленностью (бедные фосфором и серой известняки) как флюс при плавке руд в доменных печах; в) в строительстве для приготовления различных сортов цемента – гашеной извести, портланд-цемента, роман-цемента и др.; г) в полиграфической промышленности, в которой применяются так называемые литографские камни, т. е. особые плотные скрытозернистые известняки с раковистым изломом, способные раскалываться на тонкие плиты.

4. Мраморы в полированном виде используются как строительный материал для облицовки стен внутренних помещений в зданиях, как материал для скульптурных работ, а также в электротехнике (распределительные доски и пр.).

5. Мел употребляется как пишущий, красочный, полировальный материал, для производства цемента, в лакокрасочной, парфюмерной (зубной порошок), резиновой (в качестве наполнителя) и других отраслях промышленности.

Микрокальцит мраморный по шкале Мооса – минералогической шкале твердости – имеет тройку, а мел в свою очередь – единицу. То есть мел в среднем в три раза мягче, чем кальцит. Кроме того, частицы мела имеют более округлую форму, а кальцита – угловатую. Эти факторы влияют на износ оборудования. В случае использования микрокальцита поломки случаются в три-четыре раза чаще. Проблема абразивности – способности породы изнашивать, в процессе работы оборудования, контактирующие с ней поверхности — стоит достаточно остро, учитывая высокую стоимость технического оснащения производства.

Кроме того, мел как широко доступный наполнитель, приобретает исключительно важное значение для многих производств в современной мировой индустрии

за счет его отличительной особенности, связанной с тем, что он легко добывается и перерабатывается при относительно небольших затратах. Добыча и переработка мела не вызывает серьезных экологических нарушений. Запасы мела практически неограниченны во многих Европейских странах, странах бывшего СНГ и в России. Запасы мела распределены по территориям неравномерно: около 48 – 50 % запасов качественного мела с высоким содержанием карбоната кальция и магния, минимальным содержанием вредных примесей сосредоточены в России; около 32 – 33 % на Украине и немногим более 12 % в Белоруссии. Имеются небольшие по запасам месторождения в Казахстане, в Литве и Грузии. Общие балансовые запасы мела в России оцениваются в 3300 млн. т. при неограниченных прогнозных запасах.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4Г51	Плотникову Ивану Александровичу

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Рассчитана стоимость исходного сырья, материалов, спецоборудования, комплектующих изделий и покупных полуфабрикатов.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Расчетные величины материалов, сырья и оборудования научно-технического проекта
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Премимальный коэффициент, районный коэффициент, коэффициент доплат и надбавок, заработная плата по тарифной ставке.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Доступность исходного сырья, экологичность, прочность, энергоэффективность.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет основной заработной платы, баланс рабочего времени, общая стоимость оборудования и материалов, отчисления во внебюджетные фонды
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НТИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.02.2019
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Криницына З.В.	К.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г51	Плотников Иван Александрович		

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа существующей конкуренции необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Основным продуктом, получаемым в ходе научно-исследовательской работы, является анортитовая керамика. Карта сегментирования рынка представлена на рисунке 1.

		Вид керамики		
		Анортитовая керамика	Муллитовая керамика	Энстатитовая керамика
Области применения	Электроника			
	Пропанты			
	Строительство			

Рисунок 1 - Карта сегментирования рынка керамических материалов

Анортитовая керамика находит свое применение в области электроники, однако в силу своих физико-химических свойств имеет низкие показатели в области производства пропантов и строительных материалов.

Данное исследование направлено на получение анортитовой керамики и изучения наиболее пригодных условий ее получения, что позволит значительно упростить метод синтеза данной керамики.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ – это комплексный анализ научного исследования, позволяющий выделить сильные и слабые стороны проекта, а также определить возможности и угрозы реализации.

Результаты SWOT-анализа приведены в таблице 1.

Таблица 4.1 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Предложенная технология обеспечивает пониженную себестоимость керамических материалов по сравнению с конкурентными разработками; С2. Экологичность технологии С3. Наличие финансирования	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Невысокое качество сырья
Возможности: В1. Тенденция к комплексному использованию минерального природного и техногенного сырья; В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	СиВ 1. Разработка новой технологии с лучшими показателями	СЛиВ 1. Сотрудничество с поставщиками сырья 2. Развитие сырьевой базы
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии у производства	СиУ 1. Создание спроса на новые технологии в производстве 2. Продвижение методики по получению анортита 3. Сертификация продукции	СЛиУ 1. Развитие сырьевой базы 2. Создание спроса на новые технологии в производства, стимулирование инвесторов 3. Сертификация продукции

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Выполнение исследования проводится небольшой научной группой, в которую входит научный руководитель и инженер.

Основное содержание работ по основным этапам, а также распределение исполнителей приведено в таблице 2.

Таблица 4.2 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работы	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, инженер
	6	Планирование эксперимента	Инженер
	7	Подготовка и испытание образцов	Инженер
	8	Анализ состава и структуры полученных образцов	Руководитель, инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка полученных результатов	Руководитель, инженер
Составление отчета по НИР	9	Публикация статьи и выступление на конференции с результатами исследований	Руководитель, инженер
	10	Составление пояснительной записки	Инженер
	11	Защита бакалаврской работы	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Итоговая стоимость разработки и исследований образует трудовые затраты, поэтому важно определить трудоемкость работ каждого участника научного исследования.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости рассчитывается с помощью формулы:

$$t_{ож\,i} = \frac{3t_{min\,i} + 2t_{max\,i}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{ож\,i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{min\,i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{max\,i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Расчет продолжительности работ в рабочих днях производится по формуле:

$$T_{p\,i} = \frac{t_{ож\,i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где $T_{p\,i}$ – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож\,i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

График проведения научного исследования составляется в виде диаграммы Ганта, который представляет собой горизонтальный ленточный график работ, описывающихся датами начала и конца их выполнения.

Для составления графика необходимо определить длительность работ в рабочих днях $T_{к\,i}$ и перевести полученные значения в календарные дни $T_{p\,i}$:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.3)$$

где $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (4.4)$$

где $T_{\text{кал}}$, $T_{\text{вых}}$, $T_{\text{пр}}$ – количество календарных, выходных и праздничных дней в году соответственно.

Все полученные значения приведены в таблице 3.

Таблица 4.3 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы (Этапы)	Трудоемкость			Исполнитель *	Длительность работ, рабочие дни	Длительность работ, календарные дни
	t_{\min} , чел.- дни	t_{\max} , чел.- дни	$t_{\text{ож}}$, чел.- дни			
Составление и утверждение технического задания	0,5	1,0	0,7	Р	0,7	1
Подбор и изучение материалов по теме	7,0	14,0	9,8	И	12,0	15
Выбор направления исследований	0,5	1,0	0,7	Р, И	0,7	1
Календарное планирование работ по теме	0,5	1,0	0,7	Р, И	0,7	1
Проведение теоретических расчетов и обоснований	7,0	14,0	9,8	Р, И	7,0	9
Планирование эксперимента	0,5	1,0	0,7	И	0,7	1
Подготовка и испытание образцов	10,0	20,0	14,0	И	12,0	15
Анализ состава и структуры полученных образцов	7,0	14,0	9,8	Р, И	14,0	17
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	1,0	2,0	1,4	Р, И	1,4	2
Оценка полученных результатов	7,0	14,0	9,8	Р, И	10,0	12
Публикация статьи и выступление на конференции с результатами исследований	7,0	14,0	9,8	Р, И	7,0	9
Составление пояснительной записки	15	45	27,0	И	30,0	37
Защита бакалаврской работы	0,5	1,0	0,7	И	0,7	1

Р – руководитель, И – инженер.

На основе таблицы 3 построим календарный график-план (Таблица 4)

Таблица 4.4 – Календарный график-план проведения НИОКР

№	Вид работ	Исполнители	T_{ki} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ													
				Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление ТЗ	Р	1														
2	Изучение литературы	И	15														
3	Выбор направления исследований	Р, И	1														
4	Календарное планирование	Р, И	1														
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Р, И	9														
6	Планирование эксперимента	И	1														
7	Подготовка и испытание образцов	И	15														
8	Анализ образцов	Р, И	17														
7	Сопоставление результатов	Р, И	2														
8	Оценка результатов	Р, И	12														
9	Публикация статьи	Р, И	9														
10	Составление ПЗ	И	37														
11	Защита ВКР	И	1														

– руководитель, – инженер.

4.2.4 Бюджет научно-технического исследования

4.2.4.1 Расчет материальных затрат исследования

Формула для определения материальных затрат Z_m :

$$З_{\text{м}} = (1 + k_{\text{т}}) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}_i} \quad (4.5)$$

где $k_{\text{т}}$ – коэффициент для учета транспортных-заготовительных расходов; m – количество видов используемых материальных ресурсов;

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида ресурсов (руб./кг, руб./ м³, руб./шт. и т.д.);

$N_{\text{расх}_i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида (кг, м³, шт. и т.д.).

Расчет материальных затрат приведен в таблице 5.

Таблица 4.5 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Просяновский каолин	кг	0,23	200	46
Карбонат кальция	кг	0,09	60	5,4
Итого:				51,4
С учетом транспортных-заготовительных расходов (15 %):				59,11

4.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование

Затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме, приведены в таблице 6. Амортизационные отчисления принимаем за время проведения экспериментов – один месяц.

Таблица 4.6 – Расчет затрат на приобретение спецоборудования

Наименование оборудования	Количество	Цена единицы, тыс. руб.	Стоимость оборудования с учетом доставки и монтажа (15 %), тыс. руб.	Срок амортизации, год	Сумма амортизационных отчислений за 1 мес., руб
Электронные весы	1	20	23	5	383,33
Печь муфельная ПМ-8	1	42,3	48,6	15	270

Печь камерная	1	70	80,5	17	394,61
РФА- установка ДРОН-3М	1	180	207	17	1014,71
Итого:					2062,65

4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В исследованиях принимали участие инженер (студент) и руководитель проекта.

Заработная плата работников складывается из основной $Z_{\text{осн}}$ и дополнительной частей $Z_{\text{доп}}$:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}. \quad (4.6)$$

Основная заработная плата находится по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб; T_p – продолжительность работ, раб. дн.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад, руб; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года; F_d – действительный годовой фонд, раб. дн.

Месячный должностной оклад:

$$Z_m = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} \cdot k_d) \cdot k_p, \quad (4.9)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент; k_d – коэффициент доплат и надбавок; k_p – районный коэффициент.

Действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала определяется исходя из баланса рабочего времени (Таблица 7).

Таблица 4.7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней:		
– выходные дни,	44	48
– праздничные дни.	14	14
Потери рабочего времени:		
– отпуск,	56	28
– невыходы по болезни.	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	275

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 8.

Заработная плата по тарифной ставке инженера – 26300 руб./мес., руководителя – 33664 руб./мес.

Таблица 4.8 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	З _{ТС} , руб.	k _{пр}	k _р	З _м , руб	З _{дн} , руб	Тр, раб. дн.	Зосн, руб.
Руководитель	33664	0,3	1,3	46388,99	1922,09	41,5	79766,73
Инженер	26300			36241,40	1476,01	96,2	141992,16
Итого:							221758,89

4.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (4.10)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы.

Расчет дополнительной заработной платы:

$$З_{\text{доп.,рук.}} = 0,12 \cdot 79766,73 = 9572,01 \text{ руб.}; \quad (4.11)$$

$$З_{\text{доп.,инж.}} = 0,12 \cdot 141992,16 = 17039,06 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

4.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Определяется по формуле:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.13)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

В таблице 9 приведены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 4.9 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	$k_{\text{внеб}}$	Отчисления, руб.
Руководитель	79766,73	9572,01	0,271	24210,80
Инженер	141992,16	17039,06		43097,46
			Итого:	67308,26

4.2.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов, и определяются по формуле:

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot \left(\frac{\text{сумма статей}}{\text{число статей}} \right), \quad (4.14)$$

где $k_{\text{нр}} = 0,16$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

4.2.4.7 Формирование бюджета исследования

Описание бюджета затрат приведено в таблице 10.

Таблица 4.10 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	59,11(72,34)
Амортизация специального оборудования	2062,65
Затраты по основной заработной плате	221758,89
Затраты по дополнительной заработной плате	26611,07
Отчисления во внебюджетные фонды	67308,26
Накладные расходы	10169,6
Итого:	327969,58

4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности проводится по интегральному показателю эффективности научного исследования. Для его расчета необходимо определить финансовую эффективность и ресурсоэффективность.

Интегральный финансовый показатель разработки I_{Φ}^p :

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (4.15)$$

где Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта.

Альтернативным вариантом исполнения научно-исследовательского проекта является применение в качестве основного сырьевого компонента кировоградского каолина. Стоимость исполнения при замене сырьевого компонента на кировоградский каолин немного выше: цена такого же объема каолина обойдется в 57,5 руб. Кроме материальных затрат сумма остальных статей не изменится.

Тогда интегральный финансовый показатель разработки:

$$I_{\Phi}^{p1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{max}} = \frac{327969,58}{327983,23} = 0,99; \quad (4.16)$$

$$I_{\Phi}^{p2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{max}} = \frac{328534,38}{328534,38} = 1. \quad (4.17)$$

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности I_p проведен в таблице 11.

Таблица 4.11 – Оценка характеристик проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог
1. Стоимость	0,15	5	4
2. Диэлектрические свойства	0,25	5	4
3. Термофизические свойства	0,15	5	5
4. Энергосбережение	0,15	4	4
5. Прочность	0,20	4	4
6. Материалоемкость	0,10	5	5
Итого:	1		

$$I_{p1} = 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 = 4,65 \quad (4.18)$$

$$I_{p2} = 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 = 4,25 \quad (4.19)$$

Интегральный показатель эффективности разработки определяется по формуле:

$$I_1 = \frac{I_{p1}}{I_{\Phi}^{p1}} = \frac{4,65}{0,99} = 4,7; \quad (4.20)$$

$$I_2 = \frac{I_{p2}}{I_{\Phi}^{p2}} = \frac{4,25}{1} = 4,25. \quad (4.21)$$

Сравнительная эффективность проекта находится с помощью следующей формулы:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{4,75}{4,25} = 1,12. \quad (4.22)$$

Сравнение полученных значений показателей приведено в таблице 12.

Таблица 4.12 – Эффективность разработки

№	Показатели	Текущий проект	Аналог
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности	4,65	4,25
3	Интегральный показатель эффективности разработки	4,7	4,25
4	Сравнительная эффективность проекта	1,12	

Вывод:

В результате проведенных расчетов был определен бюджет научно-технического исследования по получению анортитовой керамики на основе просяновского и кировоградского каолина, который составил 327969,58 руб.

Сравнили характеристики исследования с аналогом, в котором используется другой сырьевой компонент – кировоградский каолин. Выявлены преимущества разработки по диэлектрическим свойствам.

Анализ экономической эффективности разработки показал, что данное исследование по сравнению с аналогом более ресурсоэффективно.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА